

**ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ И СТРУКТУР ЛЕГКОЙ
БРОНЕЗАЩИТЫ****Загирняк М.В.¹, Драгобецкий В.В.², Наумова Е.А.³, Шаповал А.А.⁴**¹ д.т.н., профессор, ректор, Кременчугского национального университета им. Михаила Остроградского, г. Кременчуг, Украина, segr@kdu.edu.ua² д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Технология машиностроения» Кременчугского национального университета им. Михаила Остроградского, г. Кременчуг, Украина, vldrag@kdu.edu.ua³ инженер кафедры «Технология машиностроения» Кременчугского национального университета им. Михаила Остроградского, г. Кременчуг, Украина, vldrag@kdu.edu.ua⁴ к.т.н., старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения» Кременчугского национального университета им. Михаила Остроградского, г. Кременчуг, Украина, vldrag@kdu.edu.ua

Новым направлением кардинального улучшения баллистической стойкости защитных структур локальной бронезащиты является разработка технологии изготовления материалов с новыми химическими и фазовыми составами и структурами. Многие научно-исследовательские лаборатории мира разрабатывают новые бронематериалы на основе достижений нанотехнологий. При этом для получения объемных наноматериалов средств бронезащиты используют либо порошковые технологии, либо однослойные и многослойные нанотрубки. Однако, наноматериалы и технологии их производства до сих пор чрезвычайно дороги.

Поэтому, вполне целесообразно изыскивать резервы совершенствования традиционных технологий, обеспечивающих бронематериалам свойства, не уступающие наноматериалам.

Основные проблемы, которые связаны с обеспечением защищающей способности и технологии производства средств легкой бронезащиты, следующие:

- отсутствие технологии серийного производства биметаллической брони с внешним высокотвердым слоем 55...60 HRC и тыльным вязким слоем;
- обеспечение остаточной прочности керамической брони, т.е. способности сохранять живучесть при попадании нескольких пуль.

Что касается проблемы, технология получения слоистых композиционных материалов с заданными свойствами отработана авторами. Рекомендуемый биметалл получен методом сварки взрывом. Параметры сварки взрывом подобраны таким образом, чтобы помимо прочного соединения слоев происходило формирования оптимального физического состояния поверхностного слоя. Последний, формируется при интенсивности деформаций, которая соответствует предельной равномерной или предшествующей локальной потери устойчивости. При таких условиях деформирования свойства обрабатываемых материалов близки к свойствам нанообъемных материалов по прочности и пластичности. Для создания необходимых условий деформирования скорость детонации взрывчатого вещества, его масса и сварочный зазор подбирались следующим образом. Во-первых, деформации метаемой пластины, возникающие при ее двойном перегибе должны соответствовать предельным равномерным деформациям. Во-вторых, деформация вязкого слоя, которая возникает при соударении свариваемых пластин, также должна соответствовать предельным равномерным деформациям. Выполнение этих условий позволило получить бронезащитные слоистые пластины (сталь-алюминий-сталь; титан-алюминий-титан) с высокой баллистической стойкостью. Защитные пластины после боевые испытания. Фото пластин после испытаний на прострел из длинноствольного оружия представлены на рис. 1.



Рис. 1 – Композиции титан-алюминий-титан, полученные сваркой взрывом, после прострела пулями калибра 7.62 и 5.56

При ударном воздействии пуль и осколков рикошета не возникает. Пуля застревает в вязком слое композиции. Наилучшие показатели баллистической стойкости достигаются при использовании мартенсито-стареющих сталей, обладающих наиболее высокой удельной прочностью и технически чистого алюминия. На баллистическую стойкость титано-алюминиевой композиции вид полиморфной модификации используемого титана не оказывает существенного влияния. При толщине титанового слоя более 3 мм пробивания бронепластин не происходит.

Следует отметить, что многие слоистые композиции могут успешно конкурировать с керамическими материалами, устойчивыми к воздействию бронебойно-зажигательных пуль. Однако вместо них можно использовать более дешевые слоистые материалы с наклонным расположением набора пластин промежуточных слоев, слоистые композиционные материалы с керамическими пористыми прослойками, композиционные материалы с локальными зонами нулевой прочности. Наличие таких прослоек приводит к увеличению эффективной зоны деформации и баллистической стойкости.

Наиболее эффективной защитой от средств поражения, обладающих высокой энергией и проникающей способностью, – бронебойных пуль с термоупрочненным сердечником являются керамические бронематериалы. Эти материалы обладают высокой твердостью, но в то же время – очень хрупкие. Поэтому, решение этой проблемы направленно на придание им пластических свойств.

Изделия из керамики и твердых сплавов получают спеканием при высокой температуре предварительно спрессованных заготовок. Свойства керамических бронематериалов, таких как: корунд, карбид бора и карбид кремния и изделий из твердых сплавов в значительной мере определяются их пористостью. К сожалению, авторам не представилась возможность работать с бронематериалами, но был выполнен комплекс работ по повышению эксплуатационных свойств твердых сплавов (WC+Co). Выполнен комплекс экспериментальных исследований по упрочнению и формированию плотной структуры у изделий и образцов из твердых сплавов. Для повышения эксплуатационных характеристик изделий из твердых сплавов традиционно используется взрывное легирование, взрывное активирование спекания и реакционной способности порошков, формирование изделия в условиях интенсивной пластической деформации и динамических давлений. Первые опыты проводились по обжатию цилиндрических заготовок из сплава карбид вольфрама+кобальт (ВК-6) в медной оболочке бегущей детонационной волной. При таком нагружении произошла сварка взрывом меди со сплавом ВК-6, что свидетельствует о высоком уровне сдвигающих напряжений и динамических давлений. Однако уплотнения структур не

произошло. Взрывное активирование спекания и реакционной способности порошков в широком диапазоне прикладываемых давлений не дал положительных результатов по уплотнению структуры после окончательного спекания. Электровзрывное легирование, нагруженное системой ударных волн бегущих и нормально действующих на материал образца, сходящимися ударными волнами, также не привело к уплотнению структуры.

Однако, при нагружении образцов, прошедших первичное спекание и помещенных в жидкую среду под давлением, импульсом небольшой интенсивности были получены положительные результаты.

В результате проведения этих исследований по малоинтенсивному импульсному нагружению шихты или предварительно опрессованных и готовых изделий из твердых сплавов получена структура, монолитность которой значительно превышает монолитность изделий из известных твердых сплавов. На рисунке 2, 3 для примера приведены микроструктуры образцов изготовленных из твердого сплава (WC+Co).

В результате механических испытаний дополнительное нагружение после предварительного доопрессования увеличило на 24 - 27% прочность на изгиб готовых изделий из твердых сплавов. Следовательно, импульсное нагружение малой интенсивности при частотных характеристиках, соответствующих звуковым частотам, приводит к получению безпористых структур и приобретению твердыми сплавами (WC+Co) пластических свойств.

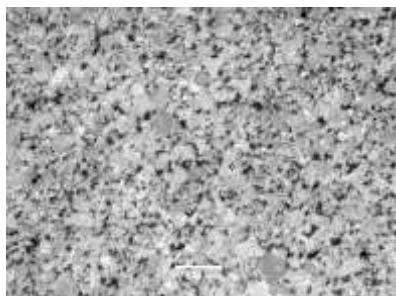


Рис. 2 – Микроструктура образца, изготовленного по серийной технологии

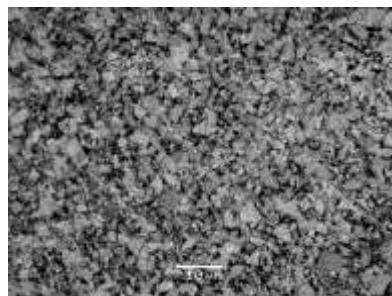


Рис. 3 – Микроструктура образца после импульсного нагружения малой интенсивности

Разработаны промышленные технологии получения слоистых бронепластин сталь-алюминий-сталь, титан-алюминий-титан. Наличие вязкого слоя обеспечивает улавливание пули и отсутствие осколков бронезащитных элементов при поражении.

Таким образом, установлено, что дополнительное импульсное нагружение малой интенсивности заготовок из твердых сплавов приводит к снижению их пористости и хрупкости, что позволяет многократно использовать керамические бронезащитные элементы в боевых условиях.